

Maquette d'enceinte VERCORS: panorama des études en support à la conception

E. Galenne, F. Hamon, J. Haelewyn (EDF / R&D / AMA) ;
P. Semete, N.-C. Tran (EDF / R&D / MMC) ; T. Thenint (NECS)

Contexte et objectifs

La construction d'une maquette d'enceinte (palier P'4) à l'échelle 1/3 est à l'étude sur le site R&D des Renardières, dans le cadre d'un projet intégré DIN (TE60) associant DTG et R&D. La maquette, nommée VERCORS pour **V**érification **R**éaliste du **C**onfinement des **R**éacteurs, doit répondre à deux objectifs principaux: démontrer la robustesse de l'ouvrage en situation d'accident grave et améliorer nos connaissances des phénomènes de vieillissement et de fuite.

Pour atteindre ces objectifs, toutes les dimensions ont été mises à l'échelle 1/3 afin d'avoir à la fois un niveau de contraintes similaire à celui des enceintes et un vieillissement accéléré. Pour valider ces choix de conception, des études ont été réalisées avec Code_Aster en parallèle du dimensionnement de l'ouvrage avec des méthodes d'ingénierie classiques.

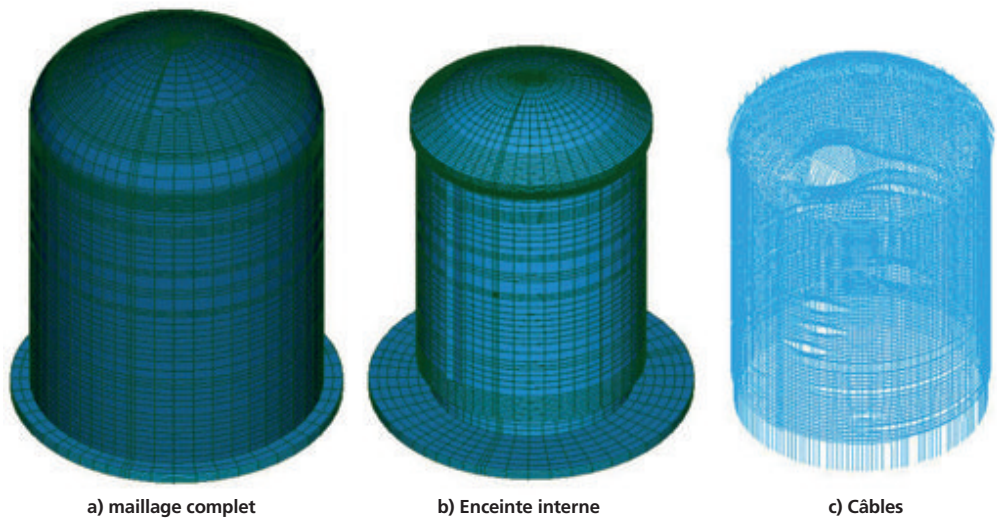


Figure 1: Maillage.

Vieillessement de la maquette

Séchage: le séchage est un facteur de première importance, puisqu'il pilote l'évolution des propriétés physiques du béton dans le temps. L'étude du séchage est réalisée avec une modélisation axisymétrique et la loi de Granger, par un calcul chaîné à la thermique. Les calculs ont confirmé que le séchage était accéléré dans la maquette d'un facteur 9, du fait de la réduction de l'épaisseur des parois d'un facteur 3. Cette étude montre également une grande influence de la tempé-

rature interne sur la cinétique du séchage, d'où la nécessité d'un système de chauffage. En chauffant l'intérieur de la maquette à 35°C, il est ainsi possible d'atteindre une concentration en eau à cœur de 102 l/m³ en 3 ans au lieu de 5 ans sans chauffage.

Fluage: l'étude du fluage est une poursuite des calculs sur le séchage. Contrairement au cas précédent, la structure est modélisée en 3D et les câbles de précontrainte y sont insérés.

Lors de ces calculs, la loi de fluage propre BETON_BURGER_FP est employée. Cette loi est la nouvelle référence

pour les calculs de fluage dans Code_Aster. L'identification des paramètres a été effectuée à partir des essais de fluage propre d'une durée de 5 ans sur le béton B11 de Civaux 1. Cette étude conduit à un facteur d'accélération du vieillissement moindre que celui obtenu en séchage. Ce résultat diffère de celui obtenu lors du dimensionnement avec les formules réglementaires de l'ETC-C, comme conséquence d'une hypothèse différente sur l'évolution du fluage propre à long terme: fluage propre faible et borné pour l'ETC-C, fonction croissante non bornée pour BETON_BURGER_FP.

Maquette d'enceinte VERCORS : panorama des études en support à la conception

E. Galenne, F. Hamon, J. Haelewyn (EDF / R&D / AMA) ; P. Semete, N.-C. Tran (EDF / R&D / MMC) ; T. Thenint (NECS)

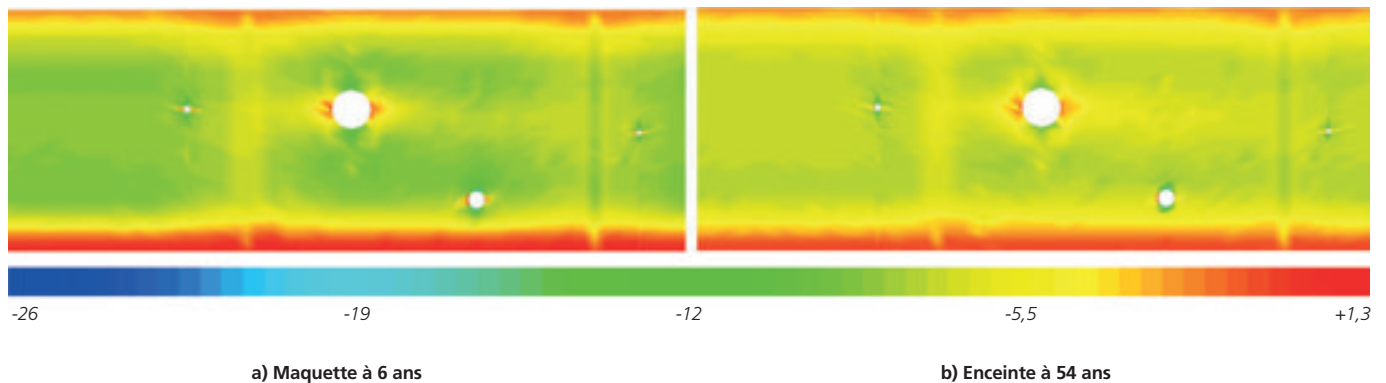


Figure 2 : Comparaison des champs de contraintes tangentielles à 6 ans pour la maquette et à 54 ans pour l'enceinte réelle à mi-épaisseur.

L'estimation fournie ici est néanmoins une limite basse du facteur d'accélération en contrainte, puisque l'influence sur la cinétique de fluage de l'âge du béton au moment de la mise en précontrainte et de la température n'est pas prise en compte. Toutefois, il existe des solutions pour répondre aux besoins industriels, c'est à dire retrouver le même état poro-mécanique (module d'Young, résistances, teneur en eau) et le même état de contraintes entre les deux échelles lors des épreuves décennales et l'accident grave. Les calculs mécaniques ont en effet permis de montrer qu'une modification des tensions d'ancrage ou de la pression des épreuves permettaient d'atteindre cet objectif.

Représentativité de la maquette

Câbles adhérents ou non adhérents : le choix de câbles de précontrainte non adhérents a été envisagé, en remplacement des câbles adhérents (injectés au coulis de ciment) tels que choisis dans l'étude de conception, afin de pouvoir détendre progressivement les câbles en fonction des déformations différées mesurées. L'étude menée avec *Code_Aster* a montré des différences locales du champ de contraintes, en particulier autour des zones singulières (traversées, tampon d'accès matériel). Compte tenu par ailleurs de difficultés technologiques de mise en œuvre, cette piste sera a priori écartée.

Accident grave : l'objectif de cette analyse est de comparer le comportement thermomécanique sous chargement accidentel (montée rapide à 5 bars/180°C à l'intérieur de l'enceinte puis chargement maintenu constant pendant 2 semaines).

L'étude menée en élasticité linéaire sur le modèle 3D montre que le comportement d'ensemble est similaire quelle que soit l'échelle : une forte traction sur la peau externe et inversement une forte compression sur la peau interne au début du transitoire, puis une relaxation progressive des contraintes dans le temps. La proportion de volume en traction dans la jupe atteint un maximum de l'ordre de 60%, au bout d'une heure pour la maquette et de 9 heures environ pour l'échelle 1. Cette étude va se poursuivre pour optimiser le chargement à appliquer sur la maquette afin d'être le plus proche possible de la situation de référence sur enceinte. A plus long terme, il conviendra de prendre en compte le fluage tertiaire du béton, qui pourrait être activé compte tenu des températures élevées atteintes pendant le palier de chargement.

Conclusions

Les hypothèses globales de conception ressortent plutôt confortées et consolidées suite à l'ensemble de ces études. Ces études seront relancées avec la maquette telle que construite (géométrie, planning de construction, propriétés matériaux identifiées sur éprouvettes, conditions aux limites thermiques et hydriques) et les résultats seront alors comparés avec les données mesurées.